

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭62-191806

⑤ Int. Cl.⁴
G 02 B 6/10
6/24

識別記号 庁内整理番号
C-7370-2H
A-7610-2H

④ 公開 昭和62年(1987)8月22日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑬ 発明の名称 単一モード光ファイバの接続方法

⑭ 特 願 昭61-31784

⑮ 出 願 昭61(1986)2月18日

⑯ 発 明 者 加 藤 康 之 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑰ 発 明 者 宮 内 充 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑱ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑲ 代 理 人 弁理士 谷 義 一

明 細 書

1. 発明の名称

単一モード光ファイバの接続方法

2. 特許請求の範囲

伝搬モードのフィールド径が互いに異なる単一モード光ファイバを接続するにあたり、大径の方の単一モード光ファイバのモードフィールド径を ω_0 、小径の方の単一モード光ファイバのモードフィールド径を ω_n とするとともに、 ω_0 と ω_n の間に存在する異なるモードフィールド径 ω_1 、 ω_2 、…、 ω_{n-1} をもつ複数の単一モード光ファイバを用意し、これらの単一モード光ファイバをモードフィールド径の大きさの順序に、 $\omega_0 > \omega_1 > \omega_2 > \dots > \omega_n$ なる関係で相互に接続することを特徴とする単一モード光ファイバの接続方法。

(以下、余白)

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、モードフィールド径の異なる単一モード光ファイバの接続方法に関するものである。

(従来の技術)

単一モード光ファイバの接続損失要因は、大まかに、軸ずれ、角度ずれ、接続点のコアの不整、モードフィールド径の違いの4つに分けることができる。このうちで、軸ずれ、角度ずれ、コアの不整は接続方法および装置によって軽減できても、モードフィールド径の違いによる損失は取り除くことができない本質的な接続損失として、これまで取り扱われてきた。

唯一、第4図に示すように、単一モード光ファイバ1および2のうち、モードフィールド径の小さい方のファイバ2をテーパ状に細く加工してテーパ加工部3を形成し、接続点4でモードフィールド径を拡大し、フィールド不整合損失を低下させる手段が考えられた。ここで、5、6は

コアを示している。

しかし、現実には、第4図からも明らかなように、ファイバ外径差が大きくなりすぎるために、接続点4に外部応力が集中することになり、その結果、接続部分は強度的にきわめて弱い構造となる。加えて、外径差の極端に異なる単一モード光ファイバの接続は、融着においては熔融速度が異なるために条件がきわめて難しく、しかもまた、V溝等による外径合わせ接続が適用できない等多くの問題を有していた。

なお、ファイバ外径を細くテーパ状にすることによってモードフィールド径 ω を拡大するときのモードフィールド径の比とテーパ比との関係を第5図に示す。第5図からわかるように、テーパ比を変えることによって任意所望のモードフィールド径を得ることは、理論的には簡単にみえるものの、テーパ部での損失を小さくし、目的とするモードフィールド径の所で端面を切り出すことは非常に難しい。

(発明が解決しようとする問題点)

すなわち、本発明は、伝搬モードのフィールド径が互いに異なる単一モード光ファイバを接続するにあたり、大径の方の単一モード光ファイバのモードフィールド径を ω_0 、小径の方の単一モード光ファイバのモードフィールド径を ω_n とするときに、 ω_0 と ω_n の間に存在する異なるモードフィールド径 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{n-1}$ をもつ複数の単一モード光ファイバを用意し、これらの単一モード光ファイバをモードフィールド径の大きさの順序に、 $\omega_0 > \omega_1 > \omega_2 > \dots > \omega_n$ なる関係で相互に接続する。

従来技術とは、ファイバ外径を変化しない他、複数の接続点を有することなどが異なる。

(作 用)

本発明では、モードフィールド径の異なる複数のファイバを分割接続することによって低損失な接続を達成できる。

(実施例)

以下に、図面に基づいて本発明の実施例を詳細かつ具体的に説明する。

そこで、本発明の目的は、上述の点に鑑みて、モードフィールド径の異なる単一モード光ファイバを接続するうえで、必然的に生じてくるモードフィールド不整合損失を軽減するために、ファイバ外径が同一でモードフィールド径が少しずつ異なる光ファイバをフィールド径の大きさの順に接続し、外径偏差による接続点の強度劣下を除去するとともに、作業性および信頼性にすぐれたモードフィールド径の異なる単一モード光ファイバの接続方法を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

このような目的を達成するために、本発明は、接続するモードフィールド径の異なる2本の光ファイバのモードフィールド不整合損失を軽減するために、予め準備した種々のモードフィールド径の異なる複数の光ファイバの中から、目的の2本の光ファイバのモードフィールド径の間に存在するファイバだけを選び出し、これら光ファイバを目的の光ファイバの中間で、モードフィールド径の大きさの順に接続する。

第1図は本発明の一実施例を示し、伝搬モードのフィールド径が互いに異なる2つの単一モード光ファイバ11と12、たとえば大径の光ファイバ11と小径の光ファイバ12とを接続するにあたって、各光ファイバ11および12のモードフィールド径を、それぞれ、 ω_0 および ω_1 とするときに、 ω_0 と ω_1 との間のモードフィールド径 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{n-1}$ をもつ単一モード光ファイバ13, 14, \dots , 15をあらかじめ用意しておく。そして、これら光ファイバ11, 12, 13, 14, \dots , 15を、 $\omega_0 > \omega_1 > \omega_2 > \dots > \omega_{n-1} > \omega_n$ の順序に接続する。

一般に、単一モード光ファイバの接続におけるモードフィールド不整合損失 α_f は、接続する両ファイバのフィールドスポットサイズ(以下スポットサイズという)の比(ω_0/ω_1)を γ として次式で表される。

$$\alpha_f = -20 \cdot \log \{2\gamma / (\gamma^2 + 1)\} \text{ (dB)} \quad (1)$$

ここで対象とする $\gamma > 1$ の領域において、 α_f の1次および2次微分が

特開昭62-191806 (3)

$$d\alpha_f / d\gamma > 0, d^2 \alpha_f / d\gamma^2 > 0 \quad (2)$$

となるため、第6図に示す従来例のように1回で接続する場合の損失 α_0 と第1図のように $\omega_0 > \omega_1 > \omega_n$ なるファイバをn回に分割して接続した本発明の場合の接続損失の和 $\Sigma \alpha_i$ の関係は次式のようになる。

$$\begin{aligned} \Sigma -20 \cdot \log(2\omega_{i-1}\omega_i / (\omega_{i-1}^2 + \omega_i^2)) \\ < -20 \cdot \log(2\omega_0\omega_n / (\omega_0^2 + \omega_n^2)) \\ \therefore \Sigma \alpha_i < \alpha_0 \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3) \end{aligned}$$

たとえば、n回に等分割したときには、実際の接続損失 α_s は

$$\begin{aligned} \alpha_s &= \Sigma \alpha_m + \Sigma \alpha_i \\ &= n\alpha_m - 20 \Sigma \log(2C_1 C_2 / (C_1^2 + C_2^2)) \\ \text{となる。ここで、} C_1 \text{ および } C_2 \text{ は} \\ C_1 &= \omega_0 - (\omega_0 - \omega_n)(i-1)/n \\ C_2 &= \omega_0 - (\omega_0 - \omega_n)i/n \quad (4) \end{aligned}$$

である。また、 α_m は1接続点当りのモードフィールド不整合以外の平均損失である。

第2図は、 $\alpha_m = 0.05\text{dB}$ として場合の本発明接続法による接続損失の改善効果を種々の γ に対し

第2表は実験結果であり、表中の論理値は式(1)より求めたものである。

第2表 接続実験結果 (単位dB)

接 続 点	理論値	実験値
α_1	0.24	0.30
α_2	0.08	0.11
α_3	0.11	0.18
$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$	0.41	0.57
α_0	1.07	1.15

第2表の実験値は軸調心形融着接続装置を用いて1接続点当り5回の接続を行い、その平均値を示したものである。本発明による分割接続($\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$)および従来の直接接続

で表したものである。分割数 $n=3$ のときに、従来の直接接続($n=1$)と比較して、損失をdBでほぼ1/2に改善できることがわかる。なお、本発明接続法では、損失は接続点間の距離には依存せず、したがって接続間隔を任意に所望に選ぶことができる利点もある。

次に、 $n=3$ としたときの接続実験の構成を第3図に示す。第3図において、実験に使用した単一モード光ファイバ1と2との間の接続点の損失を α_0 、単一モード光ファイバ11と13、13と14、14と12との各接続点の損失を α_1 、 α_2 、 α_3 とする。この実験で使用した光ファイバのスポットサイズを第1表に示す。

第1表 使用したファイバのスポットサイズ

ファイバ	1, 11	13	14	2, 12
スポットサイズ (μm)	4.62	3.65	3.26	2.78

(α_0)によって得られる損失は、それぞれ、理論値で0.41dB、1.07dB、実験値で0.57dB、1.15dBである。これより、実験値において、本発明の場合にはほぼ式(4)どおり、直接接続の値よりも低損失となることが明らかとなった。

(発明の効果)

従来、伝搬モードのフィールド径を自由に变化させることが極めて難しいために、モードフィールド不整合による損失は取り除け得ない本質的な接続損失として扱われてきたのに対し、本発明では、モードフィールド径の異なる複数のファイバを分割接続することによって低損失な接続を達成できる。このことは理論的および実験的にも認められた。たとえば、本発明による3回の分割接続によって接続損失をdB値で、1/2に低減できる。しかもまた、本発明接続法によれば、光ファイバ外形を一定に保てるので、接続部分は強度的にも強く、さらに接続箇所を数mmおきに設けることにより、全接続点を1本の熱収縮チューブ補強器内に収めることができるため、本発明は実用的な方

特開昭62-191806 (4)

$\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_n \dots$

モードフィールドスポットサイズ、

$V_0 \dots$ 単一モード光ファイバの規格化周波数、

法である。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例である分割接続の構成例の説明図、

第2図は本発明による損失改善効果を示す特性図、

第3図は本発明による分割接続の実験例を示す構成図、

第4図は従来のテーパ加工による接続方法の説明図、

第5図はテーパ比とモードフィールド径比との関係を示す特性図、

第6図は通常の直接接続の説明図である。

1, 2 \dots 単一モード光ファイバ、

3 \dots テーパ加工部、

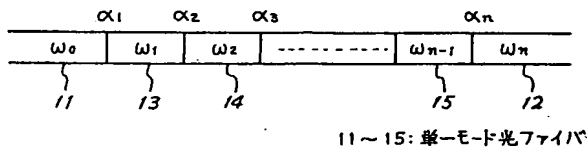
4 \dots 接続点、

5, 6 \dots コア、

11 \sim 15 \dots 単一モード光ファイバ、

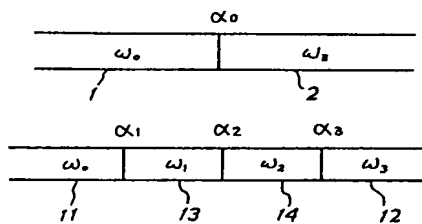
D \dots テーパ加工時の外径、

D₀ \dots 初期外径、



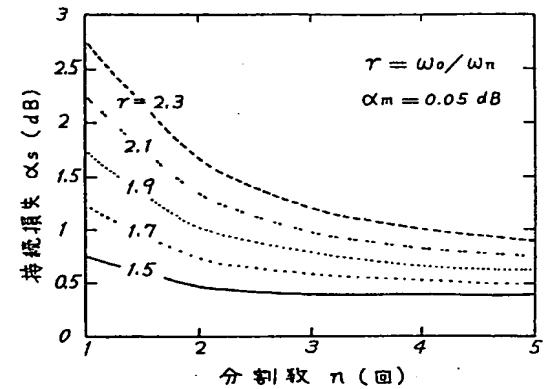
本発明による分割接続の構成例の説明図

第1図



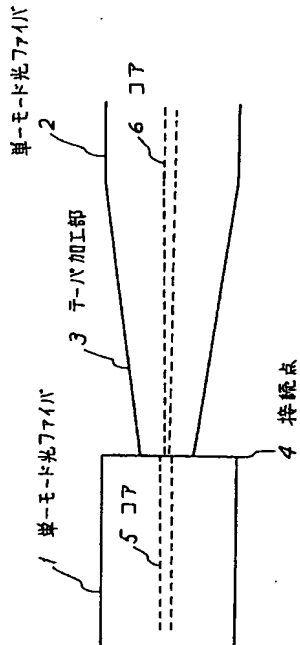
本発明による分割接続実験の構成図

第3図



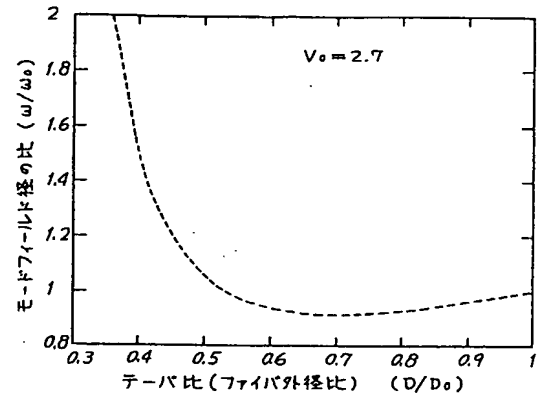
本発明による損失改善効果を示す特性図

第2図



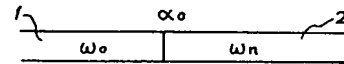
従来例の説明図

第4図



テーパー比 - モードフィールド径 特性図

第5図



従来の直接接続の説明図

第6図

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 62-191806

(43)Date of publication of application : 22.08.1987

(51)Int.Cl.

G02B 6/10

G02B 6/24

(21)Application number : 61-031784

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 18.02.1986

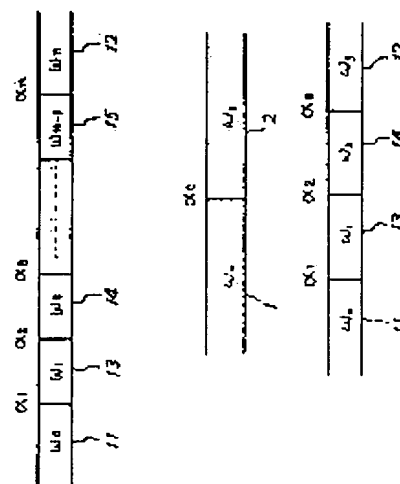
(72)Inventor : KATO YASUYUKI
MIYAUCHI MITSURU

(54) CONNECTING METHOD FOR SINGLE MODE OPTICAL FIBER

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce a mode mismatching loss, and to strengthen the strength of a connected part, by selecting two pieces of fibers of object mode field diameters from among plural optical fibers of various and different mode field diameters, which have been prepared in advance.

CONSTITUTION: In case of connecting an optical fiber 11 whose field diameter in a propagation mode is a large diameter, and an optical fiber 12 whose field diameter is a small diameter, mode field diameters of these fibers 11, 12 are denoted as W_0 and W_n . Between these fibers 11, 12, single mode fibers 12...15 whose mode field diameters $W_1, W_2...W_n$ are different are prepared in advance. The mode field diameters of these fibers 11, 12...15 are connected in order of $W_0 > W_1 > W_2...W_n$. In this state, two pieces of fibers of object mode field diameters are selected from in plural optical fibers 11, 12...15, a mode mismatching loss is reduced, and the strength of a disassembled and connected part is strengthened.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office